

UNIVERSITATEA TRANSILVANIA DIN BRAȘOV



FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ ȘI ȘTIINȚA CALCULATOARELOR

DEPARTAMENT AUTOMATICĂ ȘI INFORMATICĂ APLICATĂ

Proiect Acționare electrică reglabilă reversibilă cu convertor fără curenți de circulație

Autor

Andrei VASILCOI

Decembrie 2018, Brașov

Cuprins

| | | |
|----------|---|----------|
| 1 | Tema proiectului | 2 |
| 2 | Generalitati | 3 |
| 3 | Motorul de curent continuu cu excitatie separata | |
| | Ecuatii diferentiale si schema bloc | 4 |
| 4 | Caracteristici mecanice stationare la comanda pe indus | 6 |
| 5 | Reglarea turatiei motoarelor de curent continuu | 7 |
| 6 | Reglarea turatiei prin comanda pe indus | 8 |

1 Tema proiectului

Sa se proiecte o actionare electrica reglabila reversibila cu convertor fara curenti de circulatie. Proiectul va cuprinde:

- calculul circuitului de reglare al curentului;
- calculul circuitului de reglare al turatiei.

Se va folosi un motor de c.c. cu excitatie independenta comandat pe indus, utilizand ca element de executie o punte cu tiristoare complet comandata.

Tab. 1: Date de proiectare

| P | U_N | η | n | GD_r^2 | GD_s^2 | Δn | σ | ϵ_{st} | I_{lim}/I_n | Precizia |
|-----|-------|--------|------|----------|----------|------------|----------|-----------------|---------------|----------|
| 3.7 | 190 | 0.77 | 2500 | 0.13 | 0.07 | 190-2500 | 6 | 0 | 1.5 | 5 |

2 Generalitati

Motoarele de curent continuu se utilizeaza frecvent in actionarii electrice reglabile datorita proprietatilor lor favorabile (reglare fina si in limite largi a turatiei.). Dezavantajul principal al acestor motoare il constituie prezenta colectorului, care limiteaza superior puterea si turatia si maresc momentul de inertie.

In figura 1.a este reprezentata principal o masina de curent continuu cu doi poli avand statorul S si indusul cilindric A. Indusul si polii sunt confectionati din tole pentru a micsora pierderile in fier. La masinile de puteri mari si cu calitati dinamice superioare se confectioneaza si restul statorului din tole. Polii principali P sunt prevazuti cu infasurarea de excitatie, parcursa de curentul de excitatie I_e , care produce fluxul magnetic principal Φ_e . Acest flux se inchide prin rotor (indus) si stator. In crestaturile indusului este plasata infasurarea indusului care, prin intermediul colectorului si a periiilor p, este alimentata (in functionarea ca motor) de la retea cu curentul I_a .

Conductoarele indusului sunt repartizate uniform de-a lungul intregii circumferinte a indusului si rezulta o repartizare uniform de-a lungul intregii circumferinte a indusului si rezulta o repartizare a curentului dupa cum se indica in figura 1.a. O asemenea repartizare produce un camp de reactie a indusului a carui axa este perpendiculara pe axa campului inductor principal.

Fluxul de reactie transversal corespunzator Φ_a este, datorita intrefierului mare in directia transversala, mult mai mic decat fluxul de excitatie Φ_e . Infasurarea de compensatie C, plasata in piesele polare si parcursa de curentul prin indus I_e , reduce si mai mult fluxul in directia transversala. In general numai masinile mari sunt prevazute cu infasurari de compensatie. Campul magnetic in zona de comutatie este influentat de polii auxiliari PA, excitati de curentul prin indus, pentru a se atinge o comutatie fara scantei.

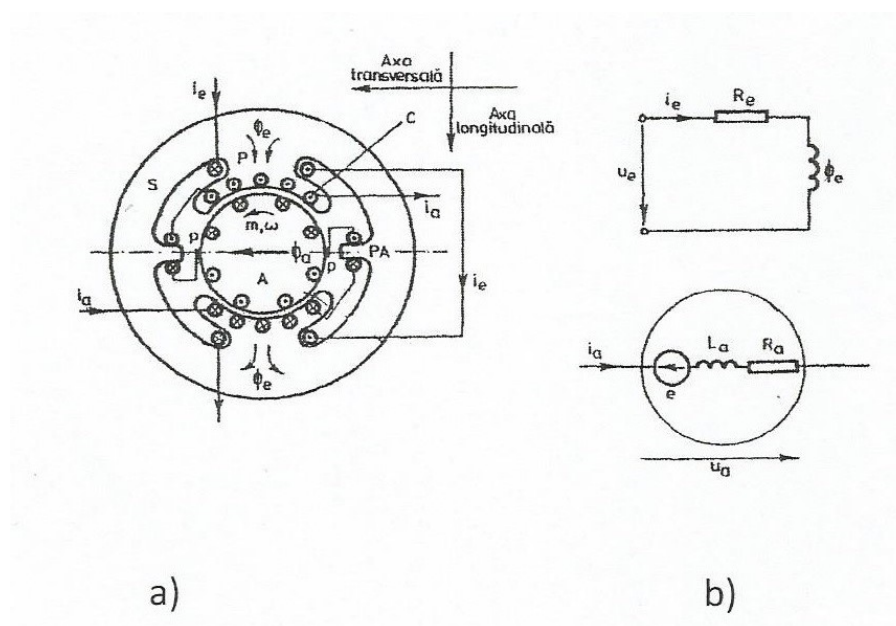


Fig. 1: Masina de curent continuu, cu excitatie separata

Actiunea inductiva a indusului poate fi reprezentata printr-o inductivitate concentrata L_a . Deoarece infasurarea de compensatie si infasurarea polilor auxiliari se gasesc de asemenea in axa periiilor

(transversala) actiunea lor se posta lua in considerare prin L_a .

3 Motorul de curent continuu cu excitatie separata

Ecuatii diferentiale si schema bloc

Schema echivalenta a motorului de curent continuu cu excitatie separata (independenta), care a fost deja reprezentata in figura 1.b, se modifica in sensul ca parametrii concentrati R_a si L_a se reprezinta in afara indusului (figura 2)

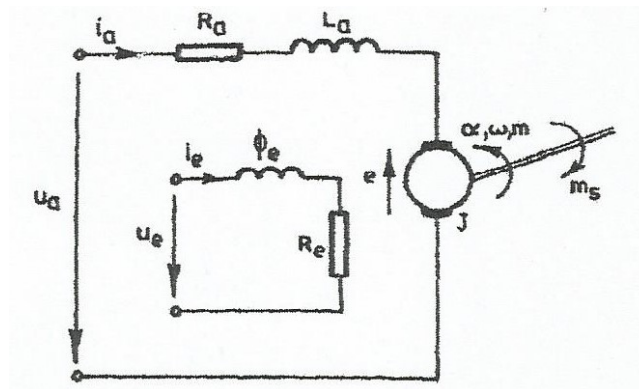


Fig. 2: Schema echivalenta a motorului de curent continuu cu excitatie separata

Ca marimi de intrare actioneaza tensiunea aplicata indusului u_a , tensiunea aplicata circuitului de excitatie u_e si cuplul de sarcina m_s . Φ_e este fluxul de excitatie, m este cuplul electromagnetic al motorului, iar J momentul de inertie a maselor cu miscare de rotatie. Aplicand teorema a doua a lui Kirchhoff circuitului indusului rezulta:

$$u_a = e + R_a i_a + L_a \frac{di_a}{dt} \quad (1)$$

unde s-a neglijat caderea de tensiune la perile masinii, care depinde neliniar de curentul prin indus.

In acelasi mod, pentru circuitul de excitatie se obtine:

$$u_e = R_e i_e + \frac{d\Phi_e}{dt} \quad (2)$$

Tensiunea electromotoare indusa prin rotatie va fi:

$$e = k \Phi_e \omega, \text{ cu } k = \frac{pN}{2\pi a} \quad (3)$$

unde:

- N - numarul de conductoare activa a infasurarii indusului;
- p - numarul de perechi de poli;
- a - numarul de perechi de cai de curent ale infasurarii indusului;
- ω - viteza unghiulara a indusului (rotorului)

Cuplul electromagnetic exercitat asupra rotorului motorului este:

$$m = k\Phi_e i_a \quad (4)$$

Ecuatia de miscare se poate scrie sub forma:

$$m - m_s = J \frac{d\omega}{dt} \quad (5)$$

Ecuatia vitezei unghiulare este:

$$\omega = \frac{d\alpha}{dt} \quad (6)$$

Ecuatia (1) se poate pune sub forma:

$$T_a \frac{di_a}{dt} + i_a = \frac{1}{R_a}(u_a - e) \quad (7)$$

Unde $T_a = L_a/R_a$ este constanta de timp a circuitului indusului. Ecuatia (2) scrisa sub forma:

$$\frac{d\Phi_e}{dt} = u_e - R_e i_e \quad (8)$$

reprezinta ecuatia diferentiala a unui element de integrare (integrator).

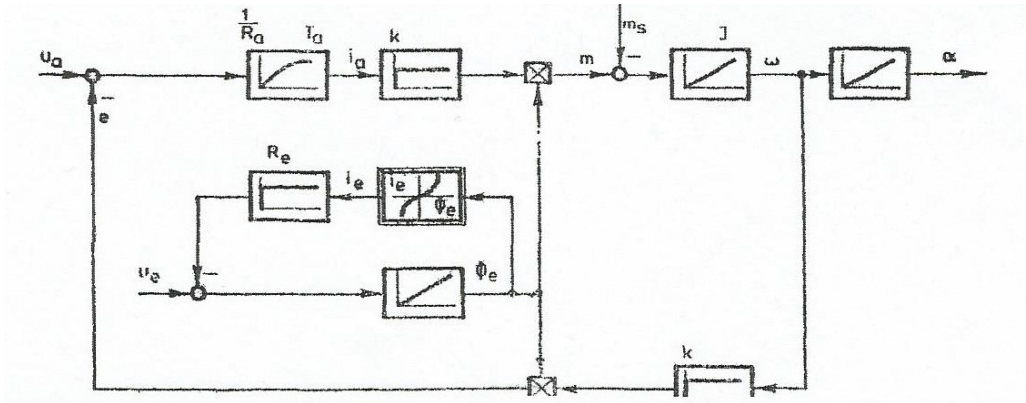


Fig. 3: Schema bloc a motorului de curent continuu cu excitatie separata (marimi absolute).

Ecuatiile (7), (8), (3), (4), (6) descriu comportarea dinamica a motorului de curent continuu cu excitatie separata. Schema structu ru la sa u sche ma bloc corespunzatoare acestor ecuatii diferentiale cuplate este ilustrata in Fig. 3.

Marimile variabile care apar in schema bloc din figura 3 au diferite dimensiuni. Pastrarea neschimbata a acestor marimi ar complica calculul prin relatii dimensionale complicate. Din aceasta cauza se obisnuieste ca toate marimile sa se raporteze, adica sa devina marimi adimensionale. Se ajunge astfel la sistem de unitati relative care usureaza calculele, in special cele efectuate pe calculator.

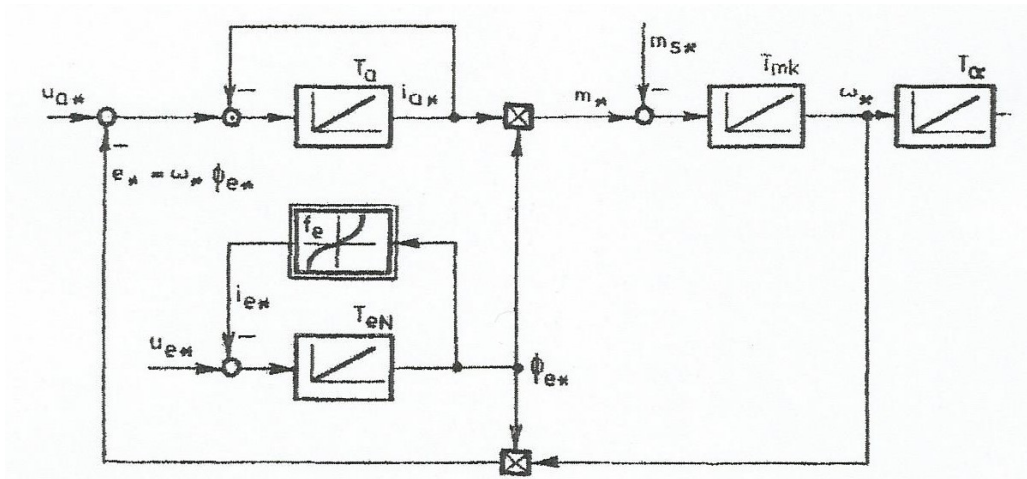


Fig. 4: Schema bloc a motorului de curent continuu cu excitatie separata (marimi relative)

4 Caracteristici mecanice stationare la comanda pe indus

La comanda pe indus fluxul de excitatie se mentine constant, la valoarea nominala $\Phi_e = \Phi_{eN}$ si se modifica tensiunea de alimentare u_a ;

Pentru $\Phi_e = \Phi_{eN} \frac{\Phi_e}{\Phi_{en}}$ dispar astfel ambele semne de multiplicare din schema bloc.

$$\omega^* = u_a^* - m_s^*$$

$$i_a^* = m_s^*$$

Caracteristicile mecanice $W^*(m_s^*)$ reprezinta o familie de drepte, paralele cu caracteristica mecanica naturala $u_a^* = \frac{U_{aN}}{U_a} = 1$ avand drept parametru $u_a^* = \frac{U_{aN}}{U_a}$

Caracteristicile sunt valabile in toate cele patru cadrane, deci exista posibilitatea unei reversari continue a turatiei si cuplului. Caracteristicile mecanice obtinute prin variatia tensiunii de alimentare se numesc caracteristici mecanice artificiale de tensiune. Deoarece tensiunea aplicata indusului u , este raportata la valoarea sa nominala, ne intereseaza numai domeniul $-1 \leq \frac{u_a}{u_{aN}} \leq 1$; la depasirea importanta a acestui domeniu se inrautateste comutatia (apar mai intai scantei la perii si apoi, posibil, foc la colector).

Curentul prin indus (figura 5.b) este proportional cu cuplul, iar tensiunea indusului nu are nici o influenta. Cuplul este raportat la cuplul de pornire pe caracteristica mecanica naturala m_a (la motoarele mari $m_a = (8...10)mN$). De aceea domeniul de functionare normal este $-0.2 \leq \frac{m}{m_0} \leq 0.2$.

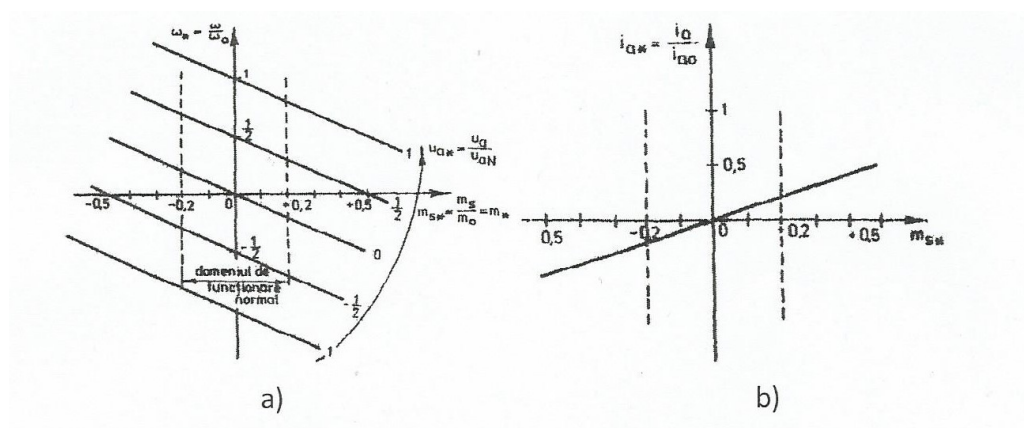


Fig. 5: Comanda pe indus a) caracteristici mecanice artificiale de tensiune b) caracteristica $i_{a*}(m_{s*})$

În afara acestui domeniu, datorită reacției indusului $\Phi_e(I_a)$, caracteristicile mecanice prezentate sunt numai parțial valabile; de asemenea apar probleme de comutație.

Deoarece cuplul electromagnetic m respectiv cuplul de sarcină m_a este raportat la valoarea cuplului de pornire, pe caracteristica mecanică naturală m_0 caracteristicile mecanice staționare la comanda pe indus (figura 5.a) apar mai înclinate decât cele reprezentate în mărimi absolute și întâlnite frecvent în lucrări de specialitate.

La flux de excitație constant $\Phi_e = \Phi_{eN}$ modificarea tensiunii indusului produce o deplasare paralelă a caracteristicilor mecanice în timp ce caracteristica curent-cuplu rămâne constantă. Acest lucru apare deosebit de avantajos la acționările electrice reglabile, deoarece parametrii circuitului de reglare rămân neschimbați; avem de-a face cu un element liniar.

5 Reglarea turatiei motoarelor de curent continuu

În practică, alegerea unei acționări de curent continuu este determinată în mod obișnuit de posibilitatea obținerii unui domeniu larg de variație a turatiei, domeniu impus de procesul tehnologic. Pentru a se obține însă comportarea de funcționare dorită, la perturbatii ale rețelei, de alimentare și ale sarcinii mecanice, acționarea trebuie să fie automatizată.

Pe de altă parte, indusul motoarelor mari prezintă o rezistență mică și în momentul pornirii la tensiunea nominală rezulta prin indus un curent foarte mare. În funcționarea staționară nu se întâlnește asemenea situație, deoarece curentul este determinat de diferența dintre tensiunea aplicată indusului și tensiunea electromotoare indusă. În regim nestaționar este posibil ca, datorită unei schimbări prea rapide a tensiunii sau turatiei, să apară un curent nepermis de mare. De aceea, pentru protejarea motorului, a sursei de alimentare, și a sarcinii mecanice se prevede o limitare rapidă a curentului prin indus și deci a cuplului electromagnetic dezvoltat de motor.

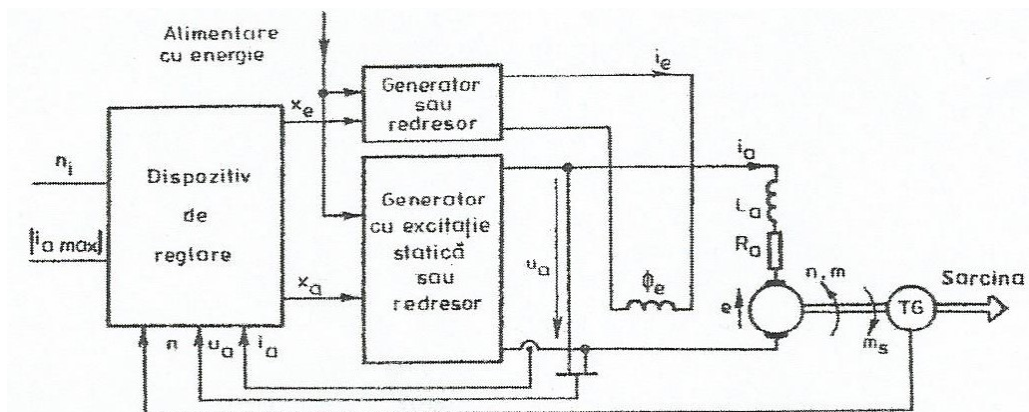


Fig. 6: Schema de principiu a unei actionari de curent continuu reglabile

6 Reglarea turatiei prin comanda pe indus

Pentru a se micsora supracurentul prin indus si pentru a proteja motorul, fluxul de excitatie trebuie mentinut la valoarea nominala.

In figura 7 s-a reprezentat circuitul indusului motorului si sursa de alimentare a indusului (elementul de executie). S-a notat cu ea tensiunea sursei de alimentare a indusului, comandata prin. x_a , tensiune care, datorita impedantei interne (R , L), nu corespunde cu tensiunea u , aplicata la bornele motorului. Impedanta interna a elementului de executie trebuie luata de asemenea in considerare la definirea marimilor de referinta.

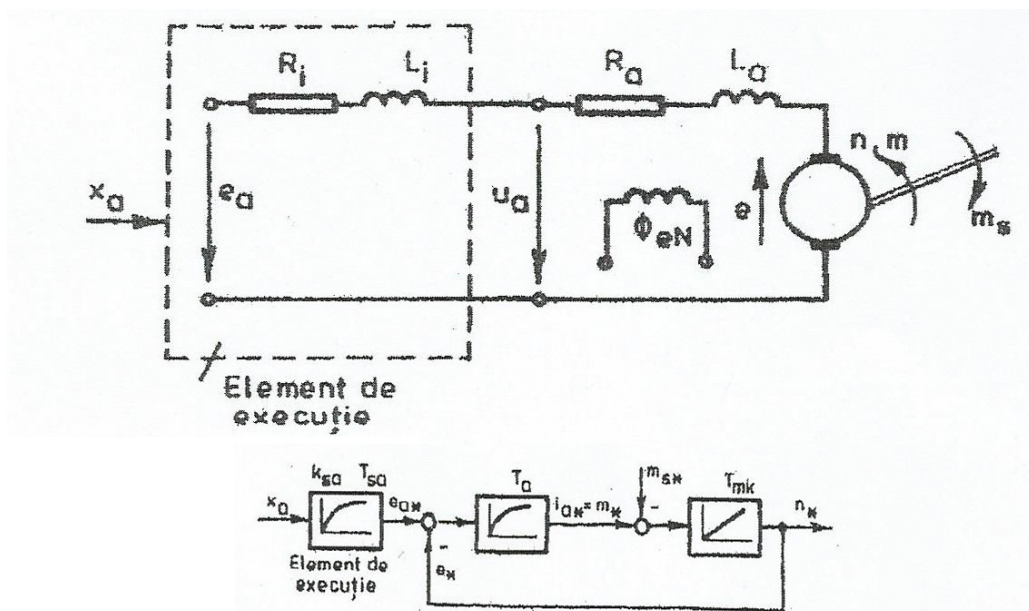


Fig. 7: Schema echivalenta a indusului motorului si a elementului de executie

$$i_a = \frac{u_{aN}}{R_a + R_i} \quad T_a = \frac{L_a + L_i}{R_a + R_i}$$

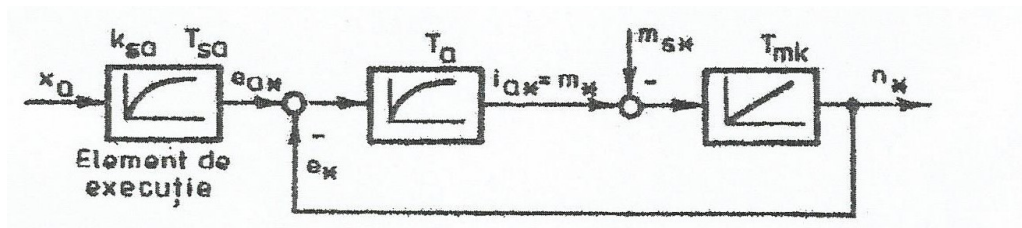


Fig. 8: Schema bloc a sistemului motor de curent continuu cu excitatie separata

Pentru sursa de tensiune comandata a indusului s-a considerat un element inertial de ordinul intai (cu amplificarea k_{sa} si constanta de timp T_{sa}). Valoarea constantei de timp T_{sa} la un redresor comandat are valoarea de (1. .. 5)ms. Constanta de timp a indusului T_a are inmod obisnuit valori cuprinse intre 10 si 100 ms; ea este determinata de impedanta circuitului indusului considerand o eventuala bobina de netezire, care la alimentarea de la redresoare este necesara pentru micșorarea ondulației curentului.

Constanta, de timp T_{mk} se refera la momentul de inertie total al actionarii raportat la arborele motorului; ea poate varia de la ordinul milisecundelor la cateva secunde.

Pentru reglarea turatiei cu limitarea curentului prin indus, cel mai potrivit principiu de reglare este procedeul reglării in cascada. Reglarea in cascada are cateva insusiri importante:

- permite, pe langa reglarea marimii principale (in cazul de fata turatia), limitarea marimilor auxiliare (de exemplu curentul prin indus);
- fractioneaza functia de transfer a elementului de executie si procesului in portiuni, astfel incat fiecarui regulator i se repartizeaza una sau cel mult doua constante de timp importante, ceea ce face ca optimizarea se se poata realiza un regulator PID sau cu variante mai simple ale acestuia;
- permite o simetrizare a operatiilor de acordare optima la reglatoarelor

Pentru schema bloc a motorului se pot scrie ecuatiile:

$$T_a \frac{di_{a*}}{dt} + i_{a*} = e_{a*} - e_* \quad (9)$$

$$e_* = n_* \quad (10)$$

$$T_{mk} \frac{dn_*}{dt} = m_* - m_{s*} \quad (11)$$

$$e_* = n_* \quad (12)$$

Bibliografie

- [1] C. Boldișor, *Ingineria Reglării Automate - note de curs.*
- [2] S. Coman, *Teoria Sistemelor I și II - note de curs.*
- [3] S. Coman, *Sisteme Automate cu Eșantionare - note de curs.*